

# Mikrotechnik

## in der Gemälderestaurierung



**Dr. Patrick Schwaller**  
Professor für Oberflächenphysik und  
Leiter Institut ALPS, BFH-TI



**Mona Konietzny**  
Senior Assistentin, Konservierung  
und Restaurierung, BFH-HKB

Als vielversprechender Ersatz für herkömmliche Klebetechniken in der Konservierung und Restaurierung von Gemälden gelten Klebstoffgitter. Die Dimensionen der Gitter betragen wenige Hundert Mikrometer. Etablierte Verfahren aus der Mikrotechnik könnten deshalb zur Herstellung solcher Gitter genutzt werden.

Eine verantwortungsvolle Konservierung und Restaurierung einzigartiger Kunstwerke beruht auf drei Schlüsselkriterien: minimale Intervention, mindestens 50 Jahre Alterungsbeständigkeit und grösstmögliche Reversibilität der hinzugefügten Materialien. Herkömmliche Klebstoffe erfüllen diese Anforderungen bei Leinwandverklebungen an Gemälden nicht. Die Verklebung einer Leinwand ist nötig, wenn diese stark gealtert oder beschädigt ist und mit einem Stütztextil und einem Kleber stabilisiert werden muss. Bei gängigen Schmelzklebern, die bei 65–90 °C verarbeitet werden, besteht die Gefahr von Hitzeschäden und Deformationen der Malschicht. Flüssige Klebstoffe eignen sich nicht, denn sie bewirken einen hohen Klebstoffeintrag, starke Penetration und folglich eine Versteifung von Gemälden. Neue Methoden zur Leinwandverklebung sind deshalb gefragt.

### Neue Ansätze in der Gemälderestaurierung

Ein innovativer Ansatz benutzt anstelle von flüssigen Klebstoffen Klebstoffgitter (siehe Abb. 1). Klebstoffgitter sind mikrostrukturierte Netze aus reinen,

alterungsbeständigen Klebstoffen wie Proteinleim, Celluloseether und Acrylat. Design und Applikation sind spezifisch darauf angepasst, fragile Leinwandgemälde effizient und schonend zu hinterkleben. Dafür werden trockene Klebstoffgitter zwischen zwei Leinwänden oder anderen Schichten positioniert und dann mit wenig Lösemittel oder Wärme aktiviert, bevor die Verklebung mit einem Stütztextil erfolgt. Im Gegensatz zur herkömmlichen flüssigen Anwendung der Klebstoffe verbleiben die gelartig aktivierten Gitter auf der Textiloberfläche und dringen nicht in poröse Materialien ein. Damit sind unbedenkliche Klebstoffe kontrollierbar und effizient einsetzbar.

An mehreren Leinwandgemälden konnte diese Technik bereits erfolgreich eingesetzt werden. Für gute Ergebnisse müssen sich die Dimensionen der Gitter im Bereich von ein paar wenigen Hundert Mikrometern bewegen. Als Geometrie werden derzeit quadratische Gitterstrukturen verwendet, die durch hexagonale Strukturen abgelöst werden sollen, die sich herstellungs- und anwendungstechnisch als vorteilhaft her-



Abb. 1: Ein Leinwandgemälde (rechts) wurde vormals durch ein zweites Gewebe hinterklebt. Die Verklebung löst sich entlang der Ränder. Klebstoffgitter werden zwischen die zwei Leinwände geschoben (links) und dort mit wenig Wasser aktiviert.

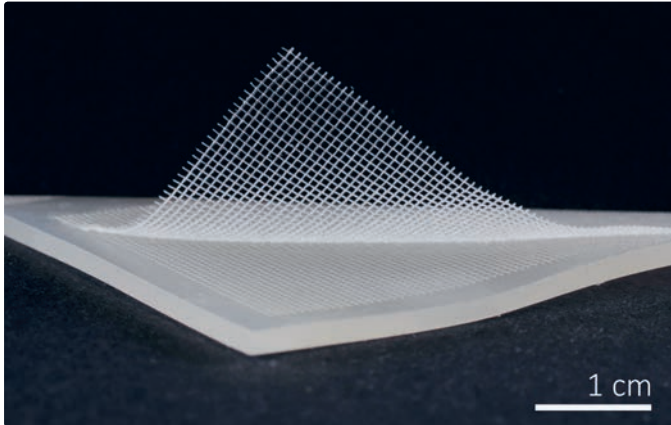


Abb. 2: Herauslösen eines Klebstoffgitters mit quadratischer Geometrie nach der Herstellung in einer PDMS-Form

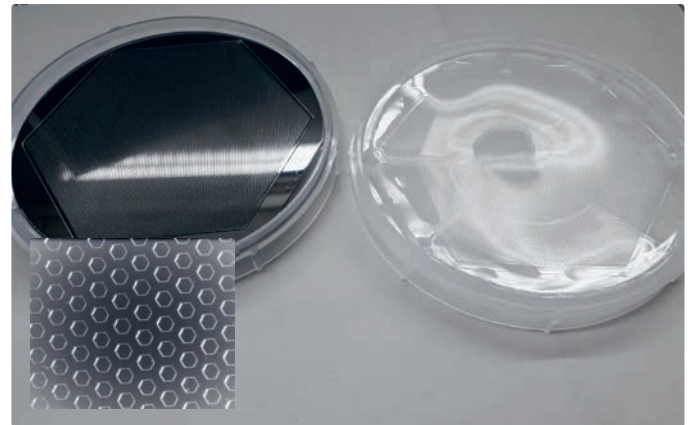


Abb. 3: Hexagonale Mikrogritter: SU-8-Masterstruktur auf einem Siliziumwafer mit 4 Zoll Durchmesser (oben links), daraus abgeglichene PDMS-Struktur (rechts). Der Einschub (unten links) zeigt einen Ausschnitt aus der SU-8-Masterstruktur.

ausgestellt haben. Die Herstellung der Klebstoffgitter wird im Rahmen des Projektes Klebstoffgitter für die restauratorische Verklebung von Leinwandgemälden (BFH-HKB und APM Technica AG, Förderung: Innosuisse) untersucht.

#### Gitterherstellung als Herausforderung

Zur Herstellung werden aktuell die Klebstofflösungen in einer Gussform aus Polydimethylsiloxan (PDMS) gerakelt, getrocknet und anschliessend abgezogen (siehe Abb. 2). Herausfordernd dabei ist die Mikrostrukturierung der PDMS-Gussform mit genügend hoher Präzision und möglichst scharfen Kanten. Nur so kann der verfestigte Klebstoff ohne Beschädigung herausgelöst werden.

Das Institute for Applied Laser, Photonics and Surface Technologies (ALPS) produziert Mikrostrukturen aus Polymeren in Dimensionen, die mit denjenigen der Klebstoffgitter vergleichbar sind. Mikrofluidiksysteme weisen Kanäle mit typischen Breiten von wenigen Hundert und Höhen von ein paar Hundert Mikrometern auf. Es ist deshalb naheliegend, die für die Herstellung von Mikrofluidiksystemen benutzten Verfahren auch für die Klebstoffgitterherstellung heranzuziehen.

Die Herstellung basiert auf fotolithografischen und nasschemischen Prozessen. SU-8-Fotolack, ein flüssiges, fotosensitives Polymer, wird auf ein Substrat, beispielsweise einen Siliziumwafer, aufgetragen und thermisch verfestigt. Ein UV-Belichtungs-Prozess durch eine Fotomaske überträgt die gewünschte Geometrie in das Polymer, und über nasschemische Entwicklungsschritte erhält man eine Masterstruktur aus SU-8 (Abb. 3 links). Mithilfe dieser Masterstruktur können in einem weiteren Prozessschritt PDMS-Strukturen abgegossen und verfestigt werden (Abb. 3 rechts). Der Einschub in Abb. 3 zeigt einen Ausschnitt der hexagonalen SU-8-Strukturen. Die Stegbreiten betragen 300 Mikrometer, die Steghöhen 350 Mikrometer.

Durch die Bereitstellung der Mustergussformen ist es APM Technica AG möglich, das zeit- und kostspielige Verfahren zu erproben, bevor grössere Auftragsvolumen an industrielle Produktionsstätten vergeben werden. Zum jetzigen Zeitpunkt zeigen die von ALPS lithografisch hergestellten Strukturen im Versuchsprozess die besten Ergebnisse aufgrund ihrer hohen Präzision gegenüber anderen Mikrostrukturiertechniken wie 3-D-Druck.

#### Zusammenarbeit zwischen zwei Departementen

Die gemeinsamen Aktivitäten von Forschenden der Departemente TI (Johannes Hörr und Patrick Schwaller, Institut ALPS) und HKB (Karolina Soppa und Mona Konietzny, Fachbereich Konservierung und Restaurierung, Forschungsschwerpunkt Materialität in Kunst und Kultur) nahmen ihren Anfang im Rahmen eines informellen Austauschs der beiden Forschungsbereiche. Diese Zusammenarbeit zeigt exemplarisch auf, wie die – manchmal kritisierte – Vielfalt der BFH unkompliziert und effizient zu neuen Lösungsansätzen führen kann. Dank der Vereinigung der unterschiedlichen Kompetenzbereiche wurden Synergien geschaffen, die noch zielgerichtete Lösungswege ermöglichten.

#### Kontakte

– [patrick.schwaller@bfh.ch](mailto:patrick.schwaller@bfh.ch)  
– [mona.konietzny@bfh.ch](mailto:mona.konietzny@bfh.ch)

#### Infos

– [alps.bfh.ch](http://alps.bfh.ch)  
– [hkb.bfh.ch/de/forschung/referenzprojekte/klebstoffgitter/](http://hkb.bfh.ch/de/forschung/referenzprojekte/klebstoffgitter/)



Gemälderestaurierung im Video auf [spirit.bfh.ch](http://spirit.bfh.ch) > Gemälderestaurierung